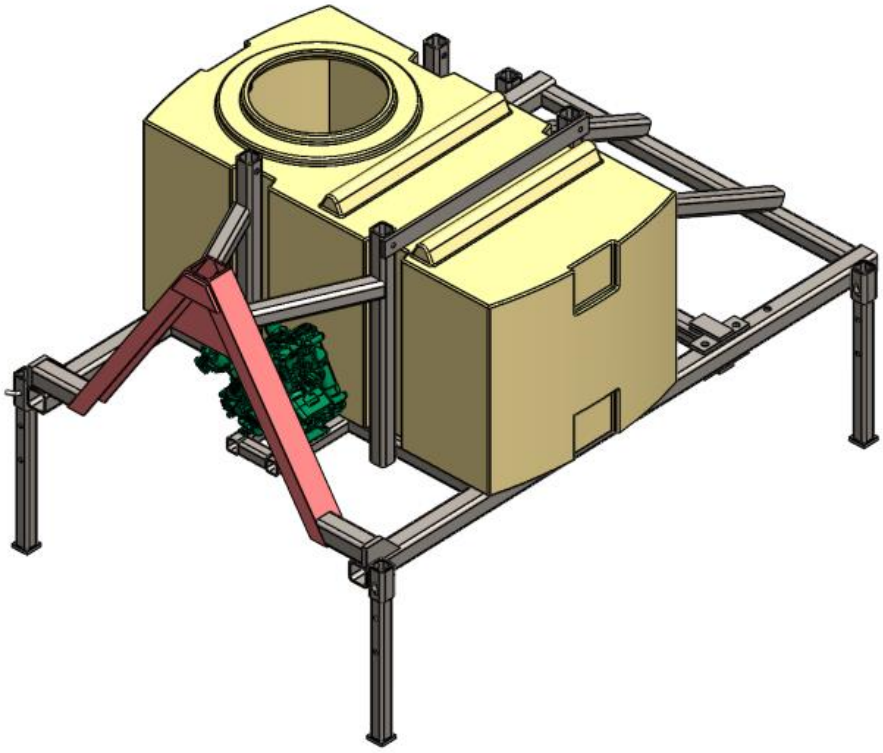
LE « PIPICULTEUR » : OUTIL D'EPANDAGE DE LISAIN* PAR INJECTION

Notice de fabrication, utilisation et maintenance

*Lisain = fertilisant produit à partir d'urine humaine hygiénisée par stockage



Avril 2025

Rédaction : Loïc Déchaseaux

CC BY NC SA

Enville
Engrais humain des villes
OCAPI
leesu
laboratoire eau environnement systèmes urbains
ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES
IP PARIS
Soutenu par
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité
ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE
AGENCE eau SEINE NORMANDIE

Table des matières

PREMIERE PARTIE Fabrication du Pipiculteur 5
1. Contexte du projet et présentation générale de l'outil 6
1.1. Présentation du projet 6
1.2. Utilisation de l'urine humaine en agriculture 7
1.3. Présentation générale du Pipiculteur 8
1.4. Règles générales de sécurité 8
1.5. Conditions d'utilisation 9
1.6. Données techniques 9
1.6.1. Pipiculteur 9
1.6.2. Pipiculteur sans cuve 10
1.7. Châssis 10
1.9. Cuverie et tuyauterie 12
1.10. Dents 16
1.11. Autres 16
2. Assemblage 17
2.1. Châssis 17
2.2. Pompe 17
2.3. Cuverie et tuyauterie 18
2.3.1. Pipiculteur 19
2.3.2. Pipiculteur sans cuve 21
2.3.3. « Tuyaux IBC » 22
2.3.4. « Tuyau fût » 23
2.3.5. Cuve IBC 23
2.4. Dents et déflecteurs 25
3. Certification CE 26
DEUXIEME PARTIE Utilisation du Pipiculteur 27
4. Conditions préalables à l'utilisation du Pipiculteur 28
4.1. Tracteur 28
4.2. Préparation du sol 28
4.3. Mise en place des cultures 28
4.4. Stockage de l'urine à la ferme 28
4.5. Dosage du lisain pour l'épandage 29
5. Fonctionnement de la pompe 30
6. Attelage de la machine 31
7. Fertilisation 31

7.1. Remplissage de la cuve pour la fertilisation 31
7.1.1. Si le lisain est stockée en cuve IBC (ou autre cuve) 32
7.1.2. Si l'urine est stockée en fûts 33
7.2. Calcul débit et vitesse tracteur pour dosage de lisain 34
7.3. Injection de l'urine dans le sol 35
7.3.1. Pipiculteur 35
7.3.2. Pipiculteur sans cuve 37
8. Nettoyage et stockage machine 37
8.1. Vider la cuve de la machine 38
8.2. Nettoyer circuit 38
8.2.1. Pipiculteur 38
8.2.2. Pipiculteur sans cuve 39
8.3. Nettoyage global 39
8.4. Stockage 39
9. Entretien 39
9.1. Général 39
9.2. Pompe et arbre de transmission 39
9.3. Contrôle étanchéité 39
9.4. Contrôle serrage vis 39
9.5. Visuel général 40
9.6. Stockage 40
9.7. Transport 40
9.8. Panne 40

PREMIERE PARTIE

Fabrication du Pipiculteur

1. Contexte du projet et présentation générale de l'outil

1.1. Présentation du projet

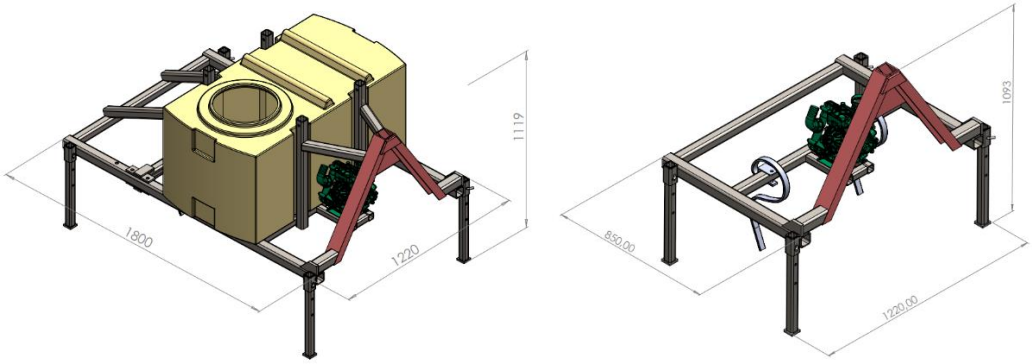
Le Pipiculteur est un outil d'épandage de lisain par injection dans le sol. Le lisain est un fertilisant agricole produit à partir d'urine humaine hygiénisée par stockage(1–3). Le présent document est une notice technique, en complément des plans et du rapport complet de conception de l'outil disponibles à cette adresse : https://www.leesu.fr/ocapi/les-projets/enville/outils-agricoles/.

L'utilisation de l'urine humaine pour produire des engrais permet d'une part d'assurer une agriculture circulaire et sobre, indépendante de fertilisants issus de ressources fossiles, et d'autre part de réduire la pollution azotée à traiter dans nos stations de traitement des eaux usées. Ce projet est porté par le programme de recherche-action OCAPI, au sein du LEESU (Laboratoire Eau, Environnement et Systèmes Urbains) à l'École nationale des ponts et chaussées. Ce programme de recherche étudie la possibilité d'une gestion circulaire de nos urines et matières fécales, plus d'informations : https://www.leesu.fr/ocapi/. Le Pipiculteur a été conçu dans le cadre du développement de « filières citoyennes » de valorisation de l'urine, et notamment le projet ENVILLE qui a développé une filière de démonstration entre des citadins qui collectent l'urine à domicile pour la mettre à disposition d'une ferme partenaire qui l'utilise comme fertilisant. Les détails relatifs au développement de cette filière de démonstration sont présentés dans le rapport complet du projet ENVILLE et dans des fiches synthétiques (https://www.leesu.fr/ocapi/les-projets/enville/). Si vous cherchez à développer une telle filière, que vous soyez agriculteur.ice ou habitant.e, nous espérons que ces documents vous soient utiles ! Pour davantage de conseils, vous pourrez aussi vous rapprocher de notre équipe : enville@enpc.fr.

Comme mentionné plus haut, les principes de conception de l'outil et les choix relatifs à l'itinéraire technique du Pipiculteur sont spécifiés dans un rapport dédié. L'usage de fertilisants produits à partir d'urine humaine nécessite plusieurs précautions qui sont détaillées dans ces documents. **Dans la présente notice nous ne traiterons que des aspects techniques de fabrication et d'utilisation de la machine**, mais il est impératif de prendre connaissance des conditions et recommandations pour un usage sans risque des urinofertilisants.

Nous parlons du Pipiculteur mais en réalité il y a plusieurs outils distincts. Nous désignons donc les machines de la manière suivante :

- **Pipiculteur** : la machine complète qui comprends une cuve, une pompe et des dents.
- **Pipiculteur sans cuve :** la version sans cuve embarquée du Pipiculteur.



Cette machine est sous licence CC BY NC SA, et nous vous remercions par avance de nous faire part des évolutions que vous pouvez apporter à cette machine à l'adresse suivante : enville@enpc.fr

1.2. Utilisation de l'urine humaine en agriculture

Cette notice n'a pas pour vocation de détailler l'ensemble des préconisations pour utiliser l'urine en agriculture. Pour plus d'informations à ce sujet, vous pouvez consulter le rapport du projet Enville, le rapport de conception du Pipiculteur, les fiches pratiques Agrocapi (Utiliser l'urine humaine en agriculture) ou bien le rapport du Rich Earth Institute. Néanmoins, voici quelques informations que nous pensons essentielles si vous souhaitez utiliser l'urine humaine comme fertilisant (d'après des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé et de l'Institut de l'Environnement de Stockholm (1,2). L'utilisation du Pipiculteur vous permettra d'ailleurs de respecter d'emblée un certain nombre de ces précautions.

HYGIENISATION DE L'URINE PAR STOCKAGE

- 6 mois à 20°C si application sur cultures susceptibles d'être mangées crues
- 1 mois sur les autres cultures
- Le traitement de l'urine par stockage produit du « lisain » (= lisier humain)

PRÉCAUTIONS D'APPLICATION DU LISAIN

- Ne pas appliquer sur les parties aériennes des cultures.
- Appliquer sur ou dans le sol, recouvrir immédiatement après l'application si possible.
- Aspersion exclue.
- Respecter un délai de 1 mois entre l'application et la récolte pour les cultures consommées crues.
- Si dilution ou utilisation en goutte-à-goutte : rincer à l'eau après application pour éviter le colmatage.
- Si vous diluez le lisain directement dans la cuve, ajoutez l'eau seulement après avoir réalisé le traitement par stockage.
- Pour renforcer encore la sécurité sanitaire de la pratique, il peut être proposé de ne pas fertiliser avec du lisain les cultures de pleine terre susceptibles d'être consommées crues. Cela simplifie la gestion des temps de stockage car un stockage d'un mois est alors suffisant.

DOSAGES POUR LA FERTILISATION AU LISAIN (DE LOOZE, 2018)

- « NPK » typique du lisain 0,6/0,05/0,1. Le lisain contient typiquement 6g d'azote par litre.
- Dosage « de base » = 2L/m² ; à affiner en fonction des cultures et autres matières fertilisantes utilisées (cf. tableau ci-dessous).

Catégorie	Plante	Nb de litres d'urine à épandre au m²	Catégorie	Plante	Nb de litres d'urine à épandre au m²
Usage intense	Chou et blette	4	**Usage moyen**	Courge	2
Usage soutenu	Céleri	3		Pomme de terre	
	Carde			Tomates	
	Concombre			Courgettes	
	Aubergine		**Usage modéré**	Carottes	1
	Poireau			Persil	
	Poivron			Radis	
Usage moyen	Artichaut	2		Salade	
	Asperge			Echalote	
	Betterave			Fraise	
	Brocoli			Navet	
	Ail		**Moins utile**	Pois	0,5
	Oignon			Fève	
	Epinard			Petit pois	

1.3. Présentation générale du Pipiculteur

Ci-dessous une représentation des principaux composants du Pipiculteur (les éléments de tuyauterie ne sont pas représentés), ainsi que le schéma des flux d'urine. Il existe également une version sans cuve.

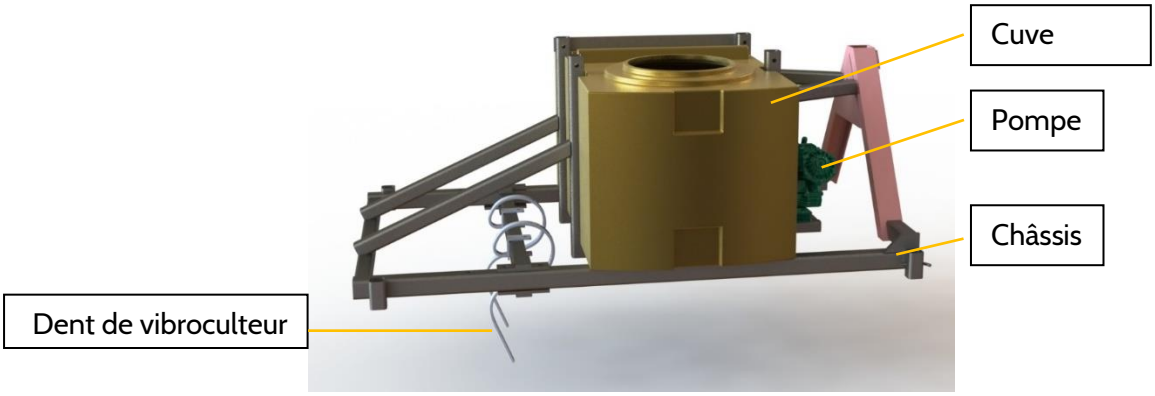


Figure 1 : Représentation 3D du Pipiculteur (sans la partie tuyaux et vannes)

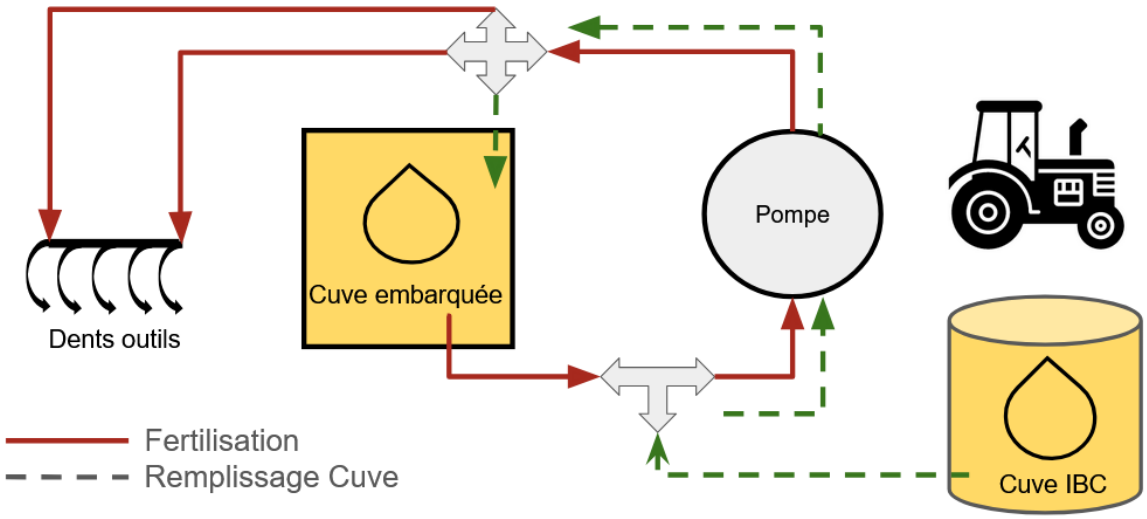


Figure 2 : Schéma de principe de fonctionnement du Pipiculteur

1.4. Règles générales de sécurité

Equipements de protection individuelle (EPI)

Vis-à-vis de l'utilisation de la machine, il convient de respecter les mêmes équipements de protection individuelle que pour l'utilisation d'un tracteur : chaussures de sécurité, casque antibruit, gants.

Vis-à-vis de l'utilisation de l'urine, bien qu'il n'y ait pas de risque élevé associé à l'application d'urine traitée, il est recommandé aux ouvriers agricoles de porter des vêtements de protection appropriés, en particulier pour se prémunir des risques liés au contact direct (gants, lunettes de protection, vêtements dédiés et changés après manipulation du lisain).

Pour les personnes qui travaillent régulièrement avec du lisain et particulièrement en milieu fermé, nous recommandons l'usage de masques anti ammoniac. Nous utilisons par exemple au sein du LEESU des masques à cartouches équipés de cartouches 6059.

Conditions d'utilisation de la machine

- Ne pas travailler sur un sol trop mouillé, après une forte pluie
- Vérifier que la puissance du tracteur et la charge qu'il peut supporter sont adaptés
- En dehors du conducteur du tracteur, toute personne doit se tenir à moins de 3 mètres du Pipiculteur en fonctionnement
- Ne pas monter sur la machine
- Bien serrer son frein à main et débrayer la prise de force avant de descendre du tracteur
- Couper l'alimentation du moteur lors de la manipulation de l'arbre de transmission
- Eviter au maximum d'être entre le tracteur et l'outil et si besoin prendre toutes les précautions pour ne pas se mettre en danger

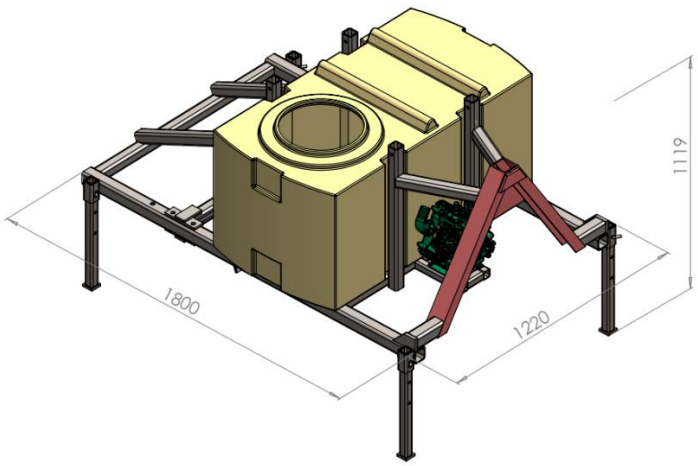
1.5. Conditions d'utilisation

Compte tenu des restrictions du fabriquant de la pompe, le Pipiculteur ne peut être utilisé que lorsque la température extérieure est comprise entre 0 °C (32 °F) et 45 °C (113 °F). La température du liquide à pomper doit être comprise entre 5 °C (41 °F) et 38 °C (100 °F).

1.6. Données techniques

1.6.1. Pipiculteur

Dimensions

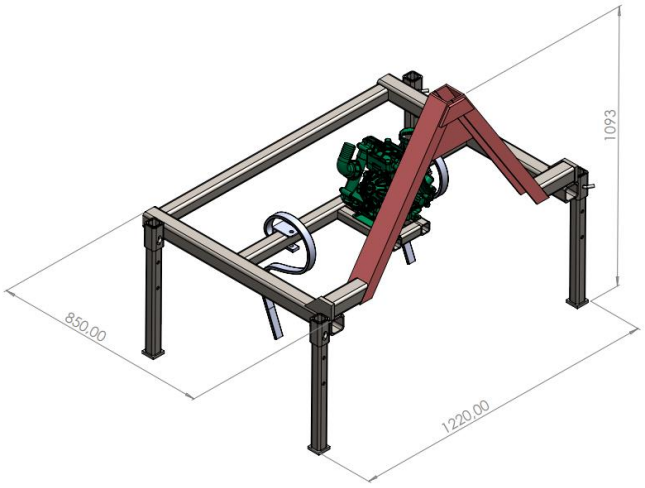


Poids

210kg

1.6.2. Pipiculteur sans cuve

Dimensions



Poids

80kg

1.7. Châssis

Le châssis du Pipiculteur a été développé par le programme OCAPI au sein du LEESU. Les plans sont sous licence CC BY NC SA et sont disponible sur le site OCAPI (LIENPIPICULTEUR). Le châssis est inspiré du vibroplanche de l'Atelier Paysan.

Plusieurs versions sont possibles :

- Avec barre amovible
- Avec barre fixe
- Sans cuve

Lors de la fabrication du prototype, nous avons choisi de mettre les outils de travail du sol sur une barre amovible, pour pouvoir changer cette barre et valider différents outils. Etant donné que les essais se sont bien passés nous recommandons de fabriquer la version avec une barre fixe qui est plus simple et moins longue à fabriquer.

Il convient aux utilisateur.ices de choisir la version à fabriquer en fonction des besoins et du matériel disponible sur la ferme.

1.8. Pompe

La pompe utilisée est une pompe UDOR ZETA 100 dont les caractéristiques sont décrites ci-dessous.

Attention, la pompe est livrée avec un raccord d'entrée de ⌀38 mm, mais pour faciliter les raccords avec les autres composants il faut changer le raccord en ⌀40 mm.

Caractéristiques du produit

Modèle:	Zeta 100 1c	Typolog...	a 3 membrane GREENTE...	Configuration:	Pompe seule	Type de moteur:	sur tracteur
Activation:	à tracteur	Composition:	uniquement la pompe	Débit:	98 L/min	Pression maximum:	20 bars
Pays de fabrication:	Italie						

Données techniques du moteur

Type de moteur:	à tracteur	Puissance nominale:	4.8 HP

Données techniques de la pompe

Marque de la pompe:	UDOR	Nombre de membrane:	3	Type pompe:	À membrane	Pays de fabrication:	Italie

Accessoires de série et gratuits

Manuel d'utilisation:	oui

Dimensions et logistique

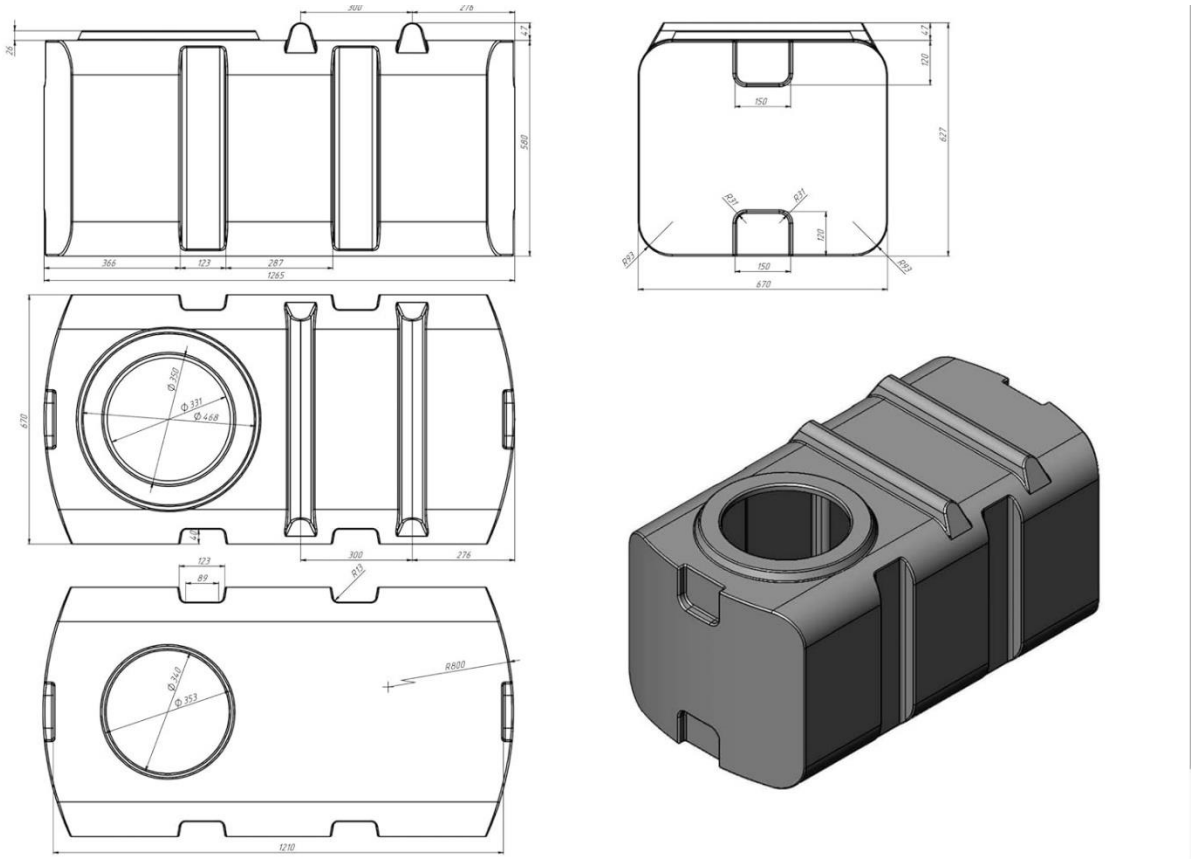
Dimensions du produ...	33X27X30	Poids net:	13.2 kg	Emballage:	carton d'origine	Dimensions de l'emb...	35X35X35
Poids emballage com...	14 kg	Temps de montage:	prêt à l'emploi				

Figure 3 : Caractéristiques de la pompe UDOR ZETA 100 Disponibles sur le site agrieuro.fr

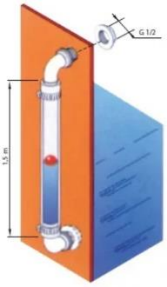
Nous avons ajouté le kit de commande UDOR DL 3/40 Ce kit permet de repartir de manière uniforme les flux d'urine dans les différents tuyaux. Il est indispensable pour la version avec la cuve et recommandé pour les autres.	
Pour actionner la pompe sur la prise de force du tracteur, il faut utiliser un arbre de transmission. La longueur est à choisir en fonction du tracteur utilisé.	

1.9. Cuverie et tuyauterie

Voici les dimensions de la Cuve :



Ci-dessous l'ensemble des éléments de tuyauterie présents dans le Pipiculteur :

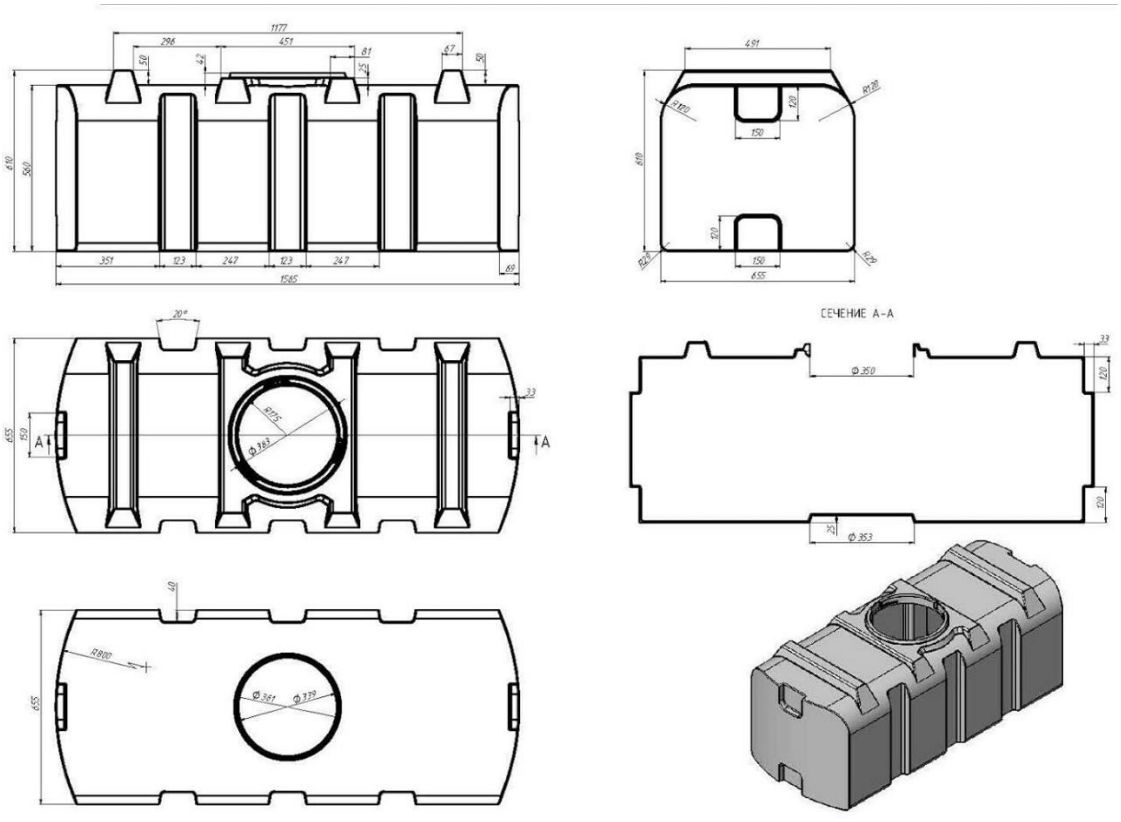
Référence	Quantité	Photo
Douille Cannelée D 40x40/42 à coller	5	
Emb Cann Ecrou Tarraudé Fem 3/4" x 19	1	
Embout Cannelé Coudé 90° M 3/4" x ø 10	1	
Kit niveau de cuve Arag	1	

Manchon D 20/25x3/4 po. PN16 mixte taraudé	2	
Manchon D 3/4 po. PN16 à visser taraudé	1	
Raccord 90° ø40 mm Ecrou tournant 1"1/2	1	
Raccord à Cames F 53 x Can. ø40 AGZ000153809	2	
Raccord à Cames M 53 x Can. ø40	3	
Raccord à Cames Bouchon M 53	2	
Raccord à Cames Bouchon F 53	2	
Raccord en "Y" Tubulure ø10 mm (Optionnel dans le cas où l'on souhaite utiliser 4 dents)	2	
Raccord S60X6 cuve eau - Embout droit Diamètre 40 mm	1	

Trop-plein cuve - Mâle 3/4" Pas gaz (20x27 mm) - Version longue	2	
Trop-plein cuve eau 1000L - Embout coudé Diamètre 40 mm	1	
Tube tulipe IRL diam.20 mm gris	2	
Tuyau d'aspiration ALIFLEX Ø 40 mm - Longueur 10 mètres	1	
Tuyau de pression/ aspiration Ø20 mm	1	
Tuyau PVC tressé bleu pour pulvérisation - 50 m	1	
Tuyau souple D 19x26 PS 10 PVC tressé alimentaire	1	
Vanne 3 voies en T D 40 PN10 EPDM à coller	1	
Vanne à boisseau à coller - Diamètre 40 mm	1	

Crépine inox 1"1/4 pour clapet anti-retour	1	
Douille Cannelée D 40x1.1/4 po. mixte fileté	1	
Coupleur à cames type C D 3/4 po.x19	1	
Adaptateur à cames type E D 3/4 po.x19 à douille cannelée	1	

Il est également possible de mette une cuve de 500 L, par exemple le modèle présenté ci-dessous avec ses dimensions. Attention, les plans que nous proposons pour le châssis ne correspondent pas à ce modèle mais il suffirait de changer la position des renforts pour l'adapter.



1.10. Dents

Nous avons utilisé des dents de vibroculteur avec bride pour barre de 50mm. Lors des essais nous avons utilisé 2 dents mais les raccords en "Y" sur les tuyaux d'épandage (Tubulure ø10 mm) permettent d'utiliser 4 dents.	
La version avec une barre carrée 80x80 mm doit utiliser des dents de cultivateur. (Le soc n'est pas présent sur la photo ci-contre mais il faut en mettre un) Cela permet d'enfouir plus profondément l'urine. Lors de nos essais nous n'avons pas jugé utile d'utiliser ce type de dents.	

Rabatteur de terre :

Plusieurs options peuvent être envisagées pour refermer les sillons après le passage de l'outil : des disques, déflecteur, ou des dents équipées de pates d'oies. Nous n'avons pas développé cette partie mais nous recommandons d'utiliser un système qui vienne refermer les sillons si l'outil est utilisé avec un sol comprenant des grosses mottes.

1.11. Autres

Les éléments suivants ne sont pas représentés sur les plans mais sont indispensables au bon fonctionnement de la machine.

Collier de serrage

Les quantités suivantes sont nécessaires :

Diamètre tuyau	Quantité de colliers Pipiculteur	Quantité de colliers Version sans cuve
40 mm	14	10
19 – 20 mm	4	2
10mm	4 (si 2 dents) 10 (si 4 dents)	2 (si 2 dents) 8 (si 4 dents)

Vis

Les quantités suivantes sont nécessaires :

Désignation	Quantité pour Pipiculteur	Quantité pour version sans cuve
Vis M10x60	6	6
Ecrou M10 autofreiné	6	6
Rondelles M10	12	12
Vis M12x100	1 par dent	1 par dent
Ecrou M12 autofreiné	1 par dent	1 par dent
Vis M8x25	2	2
Ecrou M8 autofreiné	2	2
Vis M16x100	4	
Ecrou M16 autofreiné	4	
Rondelles M16	8	

Consommables

Se munir de Colle PVC, papier à poncer et décapant PVC, ainsi que ruban de téflon avant de commencer l'assemblage.

2. Assemblage

2.1. Châssis

Fabriquer le châssis en suivant les plans. Attentions aux points suivants :

- Après avoir pointé les renforts pour la cuve, vérifier que la cuve rentre dans les renforts avant de l'enlever et souder en cordons
- Nous recommandons l'utilisation d'un triangle d'attelage du commerce, mais vous pouvez en fabriquer un si vous le souhaitez. [1]

2.2. Pompe

Fixer la pompe avec les vis, rondelles et écrou M10.

Fixer le répartiteur avec les vis, rondelles et écrou M8.

Il est possible de régler la pression de sortie de la pompe. Dans notre cas, nous ne souhaitons pas que l'urine sorte de la pompe avec une pression importante afin de diminuer le risque de volatilisation.
Ci-dessous un extrait de la notice de la pompe que nous avons utilisée :

[1] Plans disponibles ici : https://www.latelierpaysan.org/Le-triangle-d-attelage-38

7.3 AMORTISSEUR DE PULSATIONS (ACCUMULATEUR)

Avant de mettre la pompe en marche, vérifier la valeur de pression de l'air dans l'accumulateur, s'il est présent. Cette opération peut être effectuée, lorsque la pompe est à l'arrêt, avec un manomètre normal pour pneus, en agissant sur la vanne de gonflage. Il est conseillé de contrôler régulièrement la pression de gonflage.

⚠ Utiliser la pompe avec l'accumulateur déchargé ou mal gonflé, en plus d'entraîner des dysfonctionnements de l'installation, peut endommager la membrane de l'accumulateur même.

La valeur de la pression de gonflage de l'accumulateur varie en fonction de la pression d'utilisation de la pompe :

Pression de service pompe	bar *PSI*	2 *29*	5 *72*	10 *145*	20 *290*	30 *435*	40 *580*	50 *725*
		⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩
Pression accumulateur	bar *PSI*	1 *15*	2 *29*	4 *58*	5 *72*	6 *87*	7 *102*	8 *116*

Généralement, UDOR gonfle l'accumulateur des pompes à 5 bar environ (72 PSI).

Figure 4 Extrait de la notice de la pompe Udor Zeta 100

Nous recommandons donc d'utiliser la pompe en mettant une pression comprise entre 1 et 2 bars sur l'accumulateur.

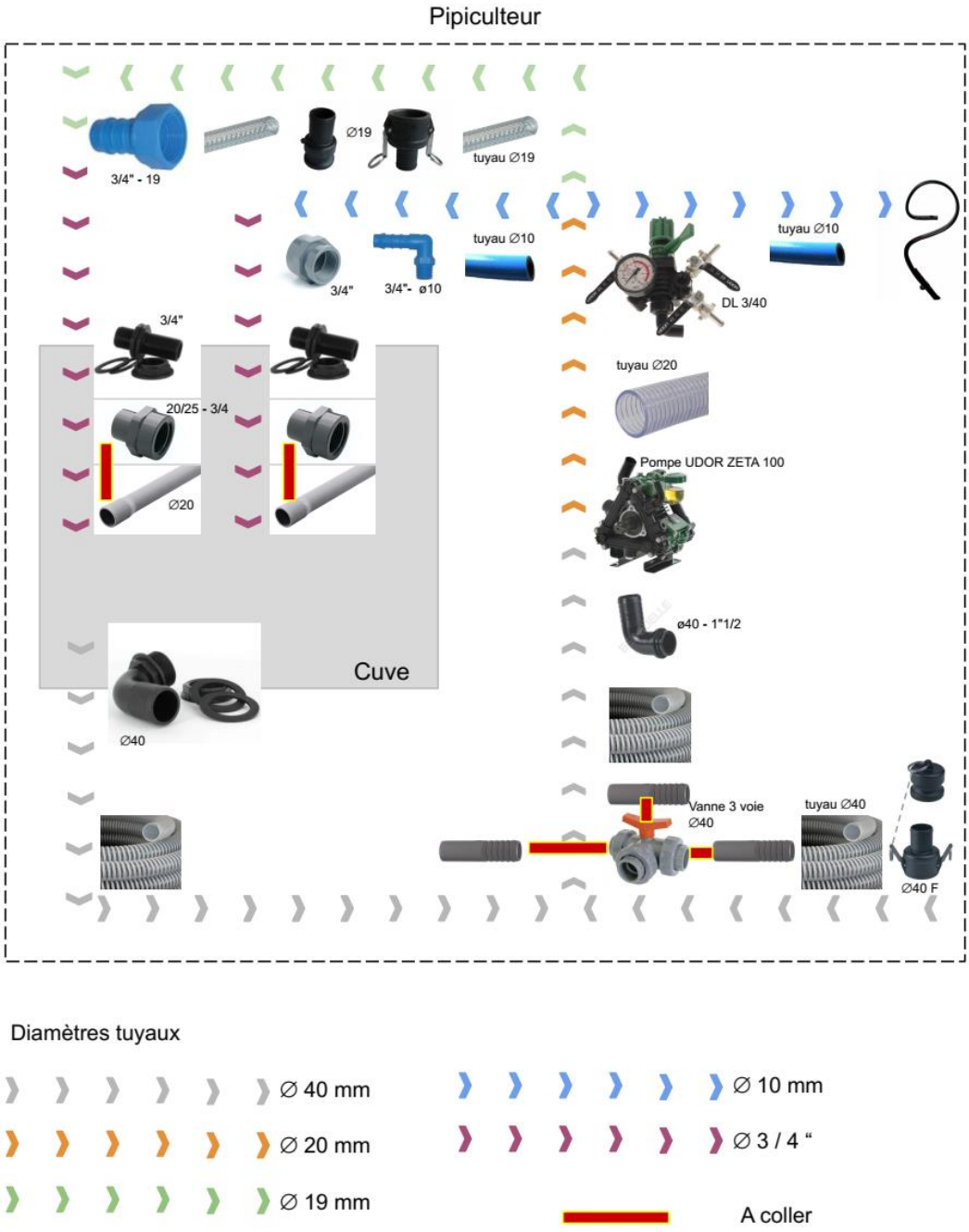
Figure 5 Accumulateur de la pompe Zeta 100 et la vanne de gonflage (en rouge)

2.3. Cuverie et tuyauterie

Nous conseillons de mettre du téflon sur toutes les pièces vissées sans étanchéité (sans joint).

Ci-dessous un schéma de toutes les pièces nécessaires pour la fabrication du Pipiculteur :

2.3.1. Pipiculteur



Réseau représenté en gris (ø 40 mm)

Les zones pour percer la cuve ne sont pas définies exactement. Il faut privilégier des zones plates (pas trop proche des bords).

Pour percer dans le fond de la cuve le plus simple est de :

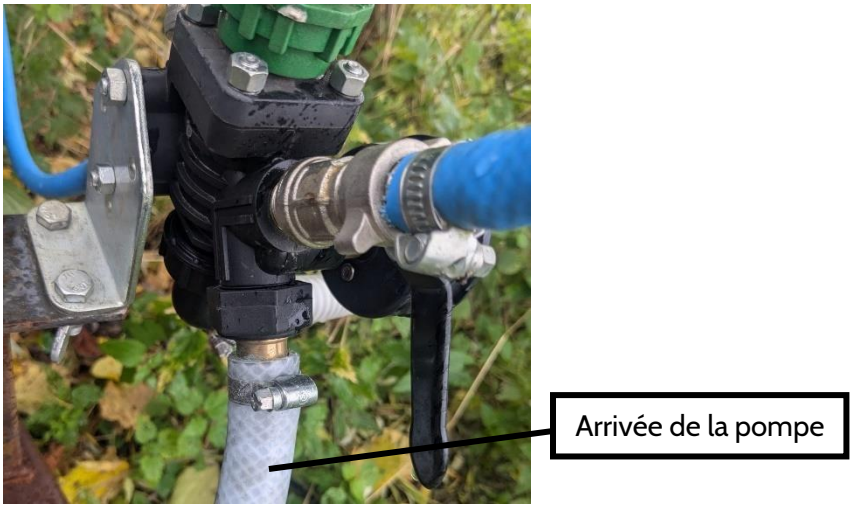
- Mettre en place la cuve
- Tracer au marqueur les barres de métal
- Enlever la cuve
- Percer dans une zone sans encombrement et proche du couvercle (pour pouvoir facilement mettre en place le passe paroi). Percer à l'aide d'une scie cloche selon la recommandation du fournisseur (*pour le prototype que nous avons réalisé : 50 mm*). Attention, les scie-cloche

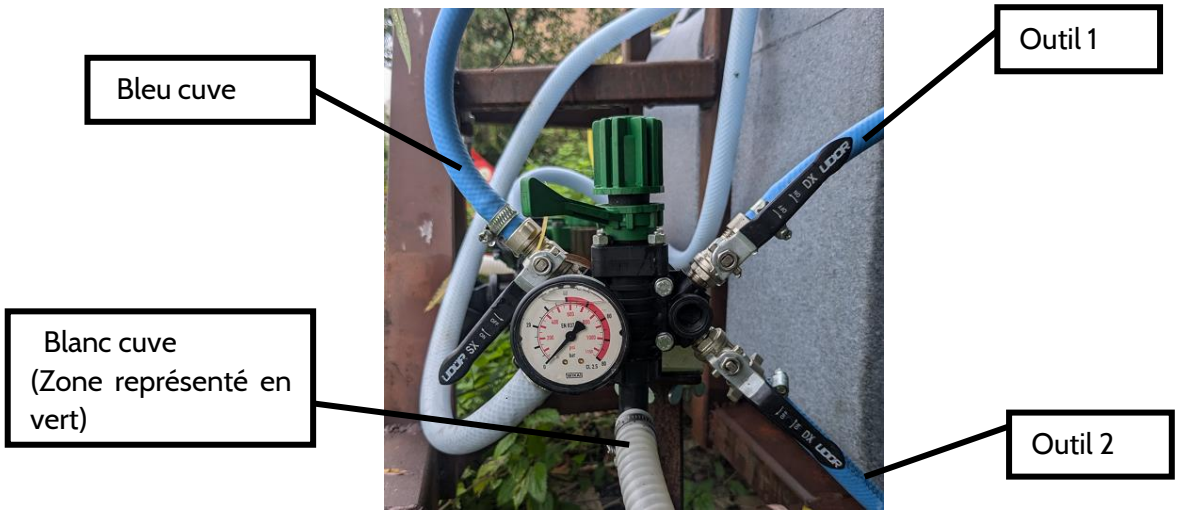
fines « premier prix » font parfois des trous plus grands qu'annoncé… Le mieux est de faire un test dans un matériau similaire.

- Assembler les différents éléments en ajustant au mieux la longueur des tuyaux et fixer les tuyaux avec des colliers de serrage.
- Si besoin, fixer le tuyau ø 40mm à l'aide d'attaches autobloquantes (type serflex).

Réseau représenté en Orange (ø 20 mm)

- Relier la Pompe avec le répartiteur en ajustant la longueur du tuyau. Fixer les tuyaux avec des colliers de serrage.





Pour les zones vertes et bleues, utiliser le montage ci-dessus

Réseau représenté en Bleu (ø 10 mm)

Attention sur le schéma ci-dessus nous n'avons représenté qu'un seul tuyau qui part vers les dents. Dans la réalité il y en a deux. Il est aussi possible de les dédoubler grâce au « Raccord en "Y" Tubulure ø10 mm » si vous souhaitez utiliser 4 dents.

Les tuyaux doivent être maintenus en place avec un ruban adhésif type « gaffer » au bout des dents.

Figure 6: Dents du Pipiculteur et tuyaux d'épandage accrochées au "gaffer"

Réseau représenté en violet (ø 3/4")

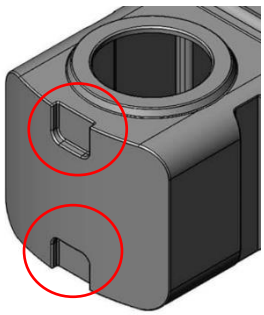
- Percer la cuve à l'aide d'une scie cloche selon la recommandation du fournisseur (*pour le prototype que nous avons réalisé : 28 mm*)
- Découper le tuyau pour qu'il descende au plus bas sans toucher la cuve
- Coller le tuyau au manchon
- Faire un petit trou en haut du tuyau (au niveau du manchon) pour éviter les effets siphon
- Mettre le passe-paroi avec le grand coté vers l'extérieur
- Visser les éléments restants

Réseau représenté en vert (ø 19 mm)

- Relier la Pompe avec la cuve en ajustant la longueur du tuyau. Fixer les tuyaux avec des colliers de serrage.

Bonus

Il est possible de rajouter un indicateur de niveau sur la cuve. Il se met au niveau des zones plates sur le côté.

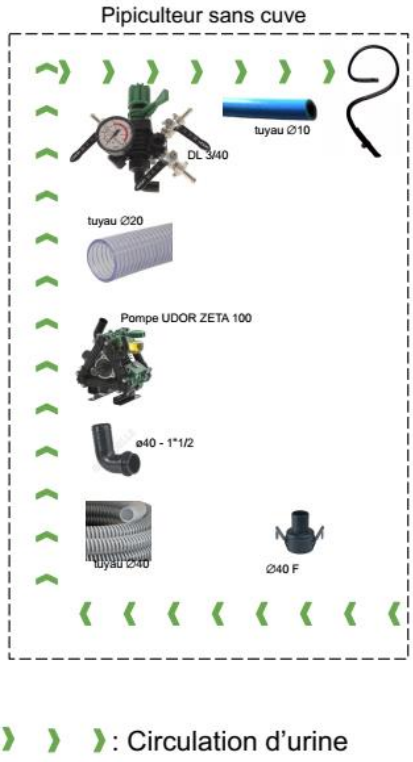


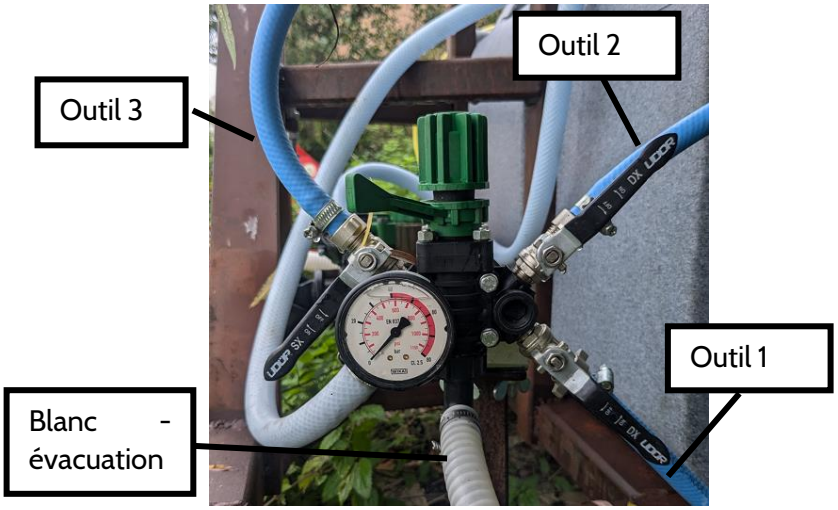
Attention, sur la cuve que nous avons utilisée il y a déjà un filetage en laiton présent. Il ne faut pas l'utiliser car le diamètre n'est le même que celui du niveau que nous avons acheté (à ce jour, nous n'avons pas installé le niveau sur le prototype).

2.3.2. Pipiculteur sans cuve

Une version sans cuve est disponible. Cela permet de réduire les coûts et le temps de fabrication. L'utilisation de cette version sans cuve, nécessite d'avoir un tracteur équipé de fourches afin de porter une cuve IBC pendant la fertilisation.

Ci-dessous les schémas de montage du Pipiculteur sans cuve. Après le répartiteur, il est possible de faire partir 1, 2 ou 3 tuyaux vers les dents.





Dans ce cas, la sortie appelée tuyau « blanc-évacuation » servira à utiliser la pompe comme pompe de relevage pour transférer l'urine d'une cuve à une autre.

2.3.3.« Tuyaux IBC »

Ce tuyau permet de relier une cuve IBC au Pipiculteur, il est utilisé dans les deux versions de la machine.

L'idéal est de commencer par ce tuyau et le Pipiculteur. La chute restante de la bobine servira à faire le « tuyau fût » (paragraphe suivant).

- Coller les « Douille Cannelée D 40x40/42 » à la vanne a boisseau
- Assembler le tout
- Mettre des colliers de serrage (non représentés)

La longueur du tuyau est à définir selon les tracteurs utilisés.

Lors de l'utilisation de la cuve IBC, il est nécessaire de fixer le tuyau à des parties fixes du tracteur pour qu'il ne traine pas. Nous n'avons pour le moment pas développé de solution optimale à ce sujet. L'utilisation de gaffer peut être envisagée mais nous invitons les utilisateur.ices à fabriquer des brides à fixer sur leur tracteur (et à nous envoyer des photos de ces brides 😉).

2.3.4.« Tuyau fût »

Ce tuyau permet de relier la pompe du Pipiculteur à un fût afin de remplir la cuve embarquée, il est utilisé dans la version avec cuve uniquement.

- Couper 1m50 de tuyau (ou utiliser la fin de la bobine).
- Assembler le tout
- Mettre des colliers de serrage (non représentés)

2.3.5.Cuve IBC

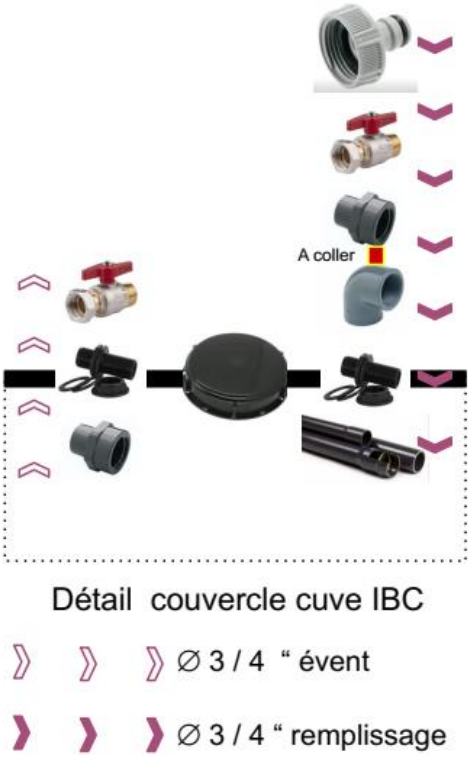
Il faut mettre un adaptateur en sortie de la cuve IBC afin de pouvoir la connecter au Pipiculteur.

- Assembler le tout
- Mettre des colliers de serrage (non représentés)
- Relier le raccord à came avec un bouchon de raccord à came à l'aide d'une chainette

Adaptateur bouchon de cuve IBC

Nous avons créé un bouchon spécial pour la cuve IBC afin de la remplir sans mettre de tuyau à l'intérieur. Cela évite au maximum le contact de l'urine et les gouttes résiduelles. Nous conseillons d'utiliser ce même système pour vider la cuve du Pipiculteur dans la cuve IBC si besoin.

Ci-dessous une photo du prototype ainsi que le schéma de montage. Il faut percer le couvercle au diamètre recommandé par le fabriquant de passe paroi.

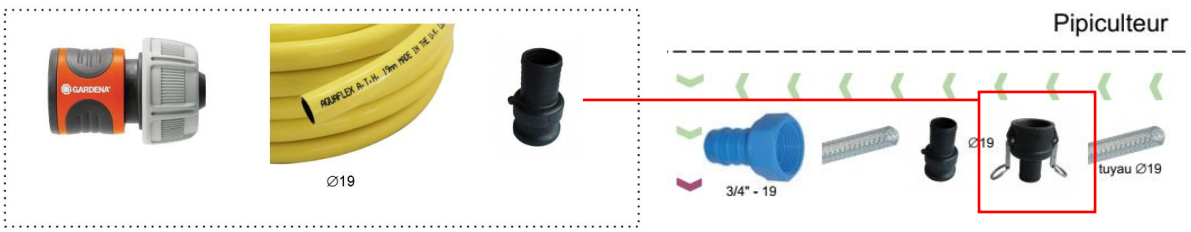


Voici les pièces nécessaires pour fabriquer ce couvercle :

Référence	Quantité	Photo
Tube D 25 PN25 PVC Pression La longueur est à adapter pour qu'une fois vissé, le tuyau arrive à 5cm du fond de la cuve.	1	
Manchon D 20/25x3/4 po. PN16 mixte taraudé	2	
Trop-plein cuve - Mâle 3/4" Pas gaz (20x27 mm) - Version longue	2	
Couvercle plein de cuve eau 1000 L - Diamètre 150 mm – Sotralentz (A adapter en fonction du modèle de cuve IBC)	1	
Coude 90° D 25x3/4 po. FF mixte PN16	1	

Vanne papillon à écrou libre MF 20x27 (3/4")	2	
Manchon D 20/25x3/4 po. PN16 mixte taraudé	1	
Nez de robinet GARDENA 26.5 mm (G 3/4) - Anti-éclaboussure	2	

Le tuyau qui permet de relier le Pipiculteur et la cuve est le suivant (nous ne l'avons pas encore testé lors de la rédaction de cette notice). Il vient se raccorder au raccord à came femelle de 19mm du Pipiculteur. Les colliers de serrage ne sont pas représentés.



2.4. Dents et déflecteurs

Mettre en place les dents à l'écartement souhaité. Sur la photo ci-dessous nous avons utilisé 2 dents de vibroculteur. Il est aussi possible d'en mettre sur le tube carré 50mm arrière.

Il est possible de rajouter des déflecteurs sur la barre arrière pour refermer mécaniquement les sillons mais ces outils n'ont pas été développés pour le moment.

3. Certification CE

L'usage de cette machine nécessite une autocertification de la part du constructeur. Nous avons rédigé un exemple de dossier d'autocertification de la machine qui peut potentiellement servir pour les personnes qui souhaitent en fabriquer une. Ce document est disponible sur le site internet OCAPI : https://www.leesu.fr/ocapi/les-projets/enville/outils-agricoles/.

DEUXIEME PARTIE

Utilisation du Pipiculteur

4. Conditions préalables à l'utilisation du Pipiculteur

4.1. Tracteur

Cet outil a été conçu pour être utilisé avec un tracteur de 40CV équipé d'une prise de force. Une fois la cuve pleine, l'outil peut peser jusqu'à 620kg.

Il convient à chaque utilisateur.ice de vérifier que son tracteur soit suffisamment puissant pour utiliser cette machine.

La version classique ne nécessite pas de fourche à l'avant du tracteur, mais elles sont recommandées pour déplacer les cuves IBC si c'est ce format utilisé pour stocker l'urine avant épandage.

4.2. Préparation du sol

Afin que le sol se referme tout seul après le passage de l'outil il est nécessaire de ne pas avoir de grosses mottes, nous recommandons donc un travail assez fin du sol

Autrement, il est possible de rajouter des déflecteurs sur la barre arrière pour refermer mécaniquement les sillons.

4.3. Mise en place des cultures

Afin de limiter les pertes par volatilisation et lessivage, il semble qu'il pourrait être intéressant de fertiliser au maximum une semaine avant la mise en place des cultures. Il faudrait également si possible éviter de travailler le sol après avoir injecté le lisain dans le sol. Ces deux points nécessiteraient d'être spécifiquement étudiés.

Dans le cas d'une plantation manuelle après une fertilisation, il est préférable d'attendre quelques jours entre la fertilisation et la plantation pour diminuer les odeurs qui peuvent apparaître en remuant la terre.

Compte tenu du produit injecté (lisain), nous conseillons d'utiliser cette machine à des périodes de croissance des plantes, entre mi-février et octobre.

4.4. Stockage de l'urine à la ferme

L'urine utilisée dans cette machine est sous forme de lisain c'est-à-dire de l'urine humaine hygiénisée par stockage dans une cuve fermée. Le temps de stockage est de 6 mois si utilisation sur des cultures qui sont susceptibles d'être consommées crues, 1 mois pour les autres cultures. Il faut compter le temps de stockage à partir du dernier remplissage de la cuve.

Pour le moment nous avons utilisé des cuves IBC de 1000L qui sont facile à trouver et à déplacer (à condition d'avoir des fourches adaptées et de limiter le niveau de remplissage à ce que votre tracteur peut lever !). Ces cuves sont pratiques pour pouvoir faire des lots d'urine et pouvoir compter le temps de stockage. Lorsque l'on remplit en plusieurs fois ce type de cuve, il se créé une vapeur d'ammoniac dans la partie non remplie et cet air est évacué à l'extérieur de la cuve lors du prochain transfert d'urine. Cela provoque donc des pertes d'ammoniac dans l'atmosphère et des mauvaises odeurs.

Figure 7: Exemples de cuves IBC 1000L

Il est également possible d'utiliser des cuves souples qui ont l'avantage d'augmenter de volume en la remplissant. Cela évite donc d'envoyer de l'ammoniac dans l'atmosphère. Ces cuves sont par contre plus fragiles et ne se déplacent pas quand elles sont pleines. Si la cuve est trop grande, il faut soit attendre longtemps pour que l'hygiénisation soit faite soit la remplir rapidement (ou s'arrêter même si elle n'est pas pleine).

Il faut être vigilant à ne pas installer cette cuve souple en zone inondable.

Figure 8: Exemple de cuve souple. Les volumes peuvent aller de 5 à 500m3.

4.5. Dosage du lisain pour l'épandage

Le lisain peut être appliqué sur la plupart des cultures, et en particulier celles qui ont une forte demande en azote (épinards, choux, blettes, maïs, blé...). Le chiffre de base qui est recommandé dans plusieurs ouvrages est **2L/m²**, mais qui peut être affiné en fonction des cultures. Ci-dessous un tableau qui donne les dosages de lisain par m². [2]

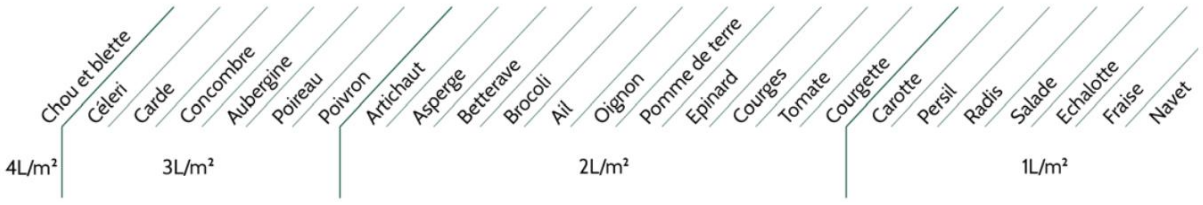


Figure 9 : Quantité totale de lisain (avant dilution éventuelle) à appliquer, en fonction des cultures.

[2] D'après Martin TMP, Esculier F, Levavasseur F, Houot S. Human urine-based fertilizers et de Looze R. L'Urine, de l'or liquide au jardin

5. Fonctionnement de la pompe

La présence de tuyaux qui relient le répartiteur et la cuve permet de réduire le débit qui arrive jusqu'aux dents (en remettant une partie de l'urine pompée dans la cuve embarquée plutôt que vers les dents). Dans le paragraphe ci-dessous nous notons un débit de 100% si 100% du lisain qui sort de la pompe arrive jusqu'aux dents et 67% si seulement 67% du lisain qui sort de la pompe arrive jusqu'aux dents.

Le débit de la pompe peut se régler de deux manières :

- Par la vitesse de la prise de force en tours par minutes (RPM)
- Par l'ouverture et fermeture des vannes du répartiteur (en % de débit de pompe dans le tableau ci-dessous)

% / RPM	**100%**	67%	50%	44%	38%	21%	33%
550	**98** (L/min)	65	49	43	37	21	32
500	**90**	60	45	40	34	19	30
450	**82**	54	41	36	31	17	27
400	**73**	49	36	32	28	15	24

Tableau 1 : Débit de lisain injecté (L/min)

Ci-dessus le tableau montre les débits possibles (en L/min) de sortie en fonction de la vitesse de rotation de la pompe en Rotation Par Minutes (RPM) et du pourcentage de débit envoyé aux dents.

Nous recommandons d'utiliser en priorité 100% du débit. Effectivement il est préférable de ne pas « brasser » l'urine pour éviter la volatilisation. Si le débit souhaité n'est pas disponible avec la configuration 100%, il est néanmoins possible de se mettre en configuration 67%. Les configurations en rouge utilisent une seule sortie de répartiteur et les configurations en gris en utilisent 2. A ce jour, nous ne pensons pas qu'il soit nécessaire d'utiliser les autres configurations.

Pour choisir le pourcentage de débit à envoyer aux outils voici les différentes configurations :

	Vanne principale		Vannes secondaires			
%	0 bar	Pression	Blanc cuve	Bleu cuve	Outil 1	Outil 2
100%		**X**			**X**	**X**
67%		X		X	X	X
50%		X		X	X	
44%	X		X		X	X
38%	X		X	X	X	X
33%	X		X		X	
21%	X		X	X	X	

Pour le tuyau « blanc cuve », il n'y a pas de vanne secondaire, il est alimenté si la vanne principale est en « 0 bar » ou lorsque le répartiteur est en surpression.

Attention, pour envoyer 33% et 21% du débit, il ne faut alimenter qu'une seule sortie outil. Le mieux et de ne pas utiliser ces configurations-là.

Par exemple si on a besoin d'un débit de 90 l/min, il faut choisir une vitesse de rotation de 500 tour/min avec un débit de 100% Il faut donc se mettre en configuration pression et ouvrir les deux vannes outils.

Machine sans cuve

Lors de l'utilisation de la machine sans cuve, tout le lisain qui sort de la pompe va jusqu'aux dents, on ne peut être qu'à 100% du débit réparti sur un, deux ou trois tuyaux.

6. Attelage de la machine

La machine que nous proposons est équipée d'un triangle d'attelage. Il faut donc équiper également son tracteur d'un « triangle d'attelage côté tracteur » (triangle mâle).

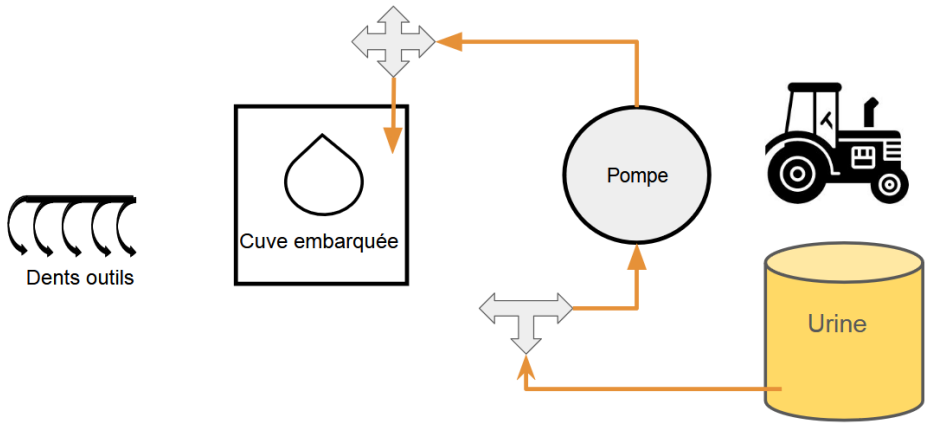
1. Atteler la machine
2. Relier la pompe à la prise de force avec l'arbre de transmission
3. Lever la machine avec le tracteur

Enlever les béquilles

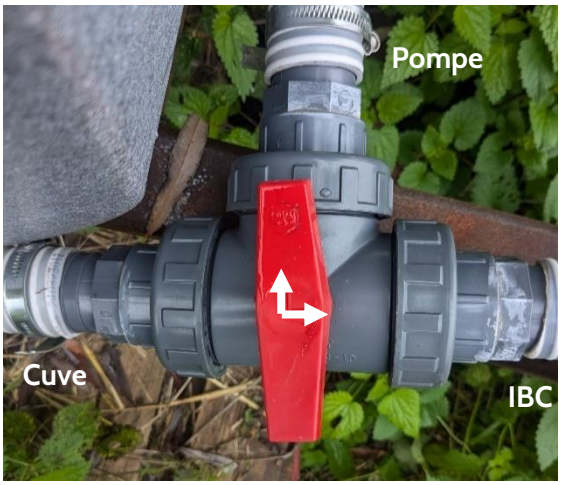
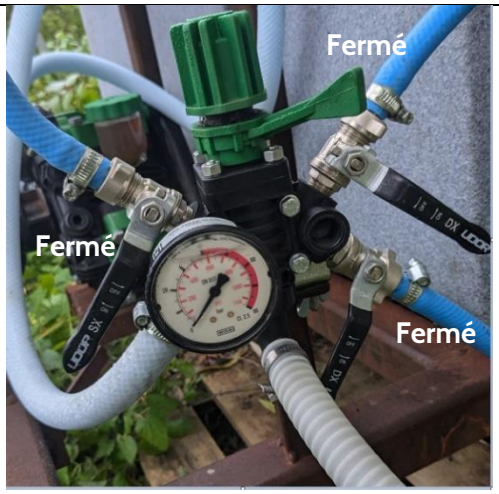
7. Fertilisation

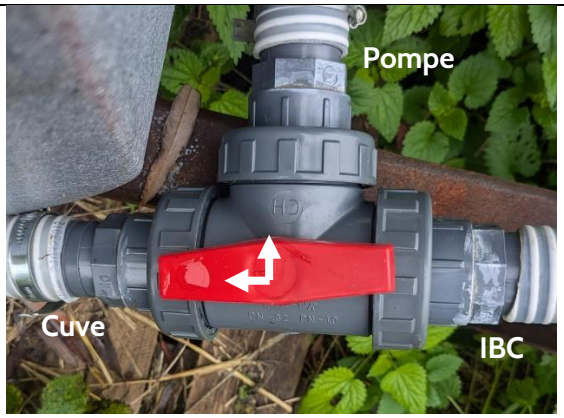
7.1. Remplissage de la cuve pour la fertilisation

Cette opération est nécessaire pour la version avec cuve. Ci-dessous un schéma du flux d'urine.



7.1.1. Si le lisain est stockée en cuve IBC (ou autre cuve)

Etape	Consigne	Photo
1	Relier la Cuve IBC à la vanne 3 voies avec le tuyau dédié	
2	Ouvrir la vanne du tuyau IBC	
3	Mettre la vanne 3 voies en position IBC-Pompe	
4	Fermer les 3 vannes outils du répartiteur	

5	Se mettre sur « 0 bar »	
6	Activer la pompe à l'aide du tracteur	
7	Être attentif au niveau de remplissage de la cuve et arrêter la pompe	
8	Fermer la vanne tuyau IBC	
9	Mettre la vanne 3 voies en position Cuve-Pompe	
10	Débrancher le tuyau de la vanne 3 voies et mettre les bouchons.	
(11)	Recommencer à l'étape 1 quand la cuve est vide	

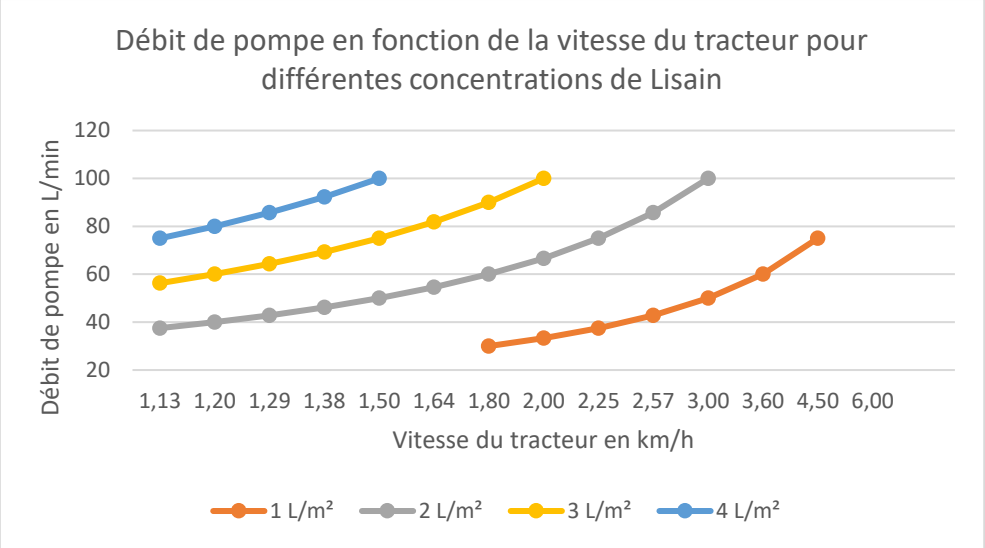
7.1.2. Si l'urine est stockée en fûts

Etape	Consigne	Photo
1	Relier la vanne 3 voies au tuyau pour fûts et mettre le tuyau dans un fût	
2	Aller à l'étape 3 du chapitre « Si le lisain est stockée en cuve IBC »	

7.2. Calcul débit et vitesse tracteur pour dosage de lisain

Reprendre le tableau avec les débit et configurations possible du chapitre « Fonctionnement de la pompe »

% / RPM	100%	67%	50%	44%	38%	21%	33%
550	**98** (L/min)	65	49	43	37	21	32
500	**90**	60	45	40	34	19	30
450	**82**	54	41	36	31	17	27
400	**73**	49	36	32	28	15	24



1) Choisir le dosage de lisain à mettre dans le sol
   Par exemple : 2L/m² (dosage classiquement utilisé pour un grand nombre de cultures)

2) Faire un passage **à vide** sur la planche en se mettant à 550 tour/min (**sans activer la prise de force**), chronométrer le temps de parcourir la planche.
   Par exemple : 60s

3) Mesurer (ou connaitre d'avance) la Longueur et la largeur de la planche et appliquer les calculs suivants :

$$Débit\ pompe\ (\frac{L}{min}) = \frac{Concentration\ \left(\frac{L}{m^2}\right) * Longueur\ planche(m) * largeur\ planche(m)}{Temps(s)/60}$$

Ou

$$Temps(s) = \frac{Concentration(\frac{L}{m^2}) * Longueur\ planche(m) * largeur\ planche(m)}{Débit\ pompe(s)\ /60}$$

Par exemple : une planche de 50 x 1,2m

$$Exemple\ Débit\ pompe = \frac{2 * 50 * 1{,}2}{60\ /60}$$

$$Exemple\ Débit\ pompe = 120\ L/min$$

4) Si un des débits est possible dans le tableau de débit (±5 l/min), se mettre dans cette configuration. Si non, changer la vitesse de tracteur, et/ou la vitesse de prise de force et recommencer à l'étape 2.

Dans notre exemple, il faudrait un débit de 120 L/min qui n'est pas possible avec cette pompe car le débit max est 98L/min. Nous choisissons donc de baisser la vitesse de tracteur et recommençons le passage à vide avec mesure du temps.

Nous obtenons un nouveau temps de 75s (1min 15s) pour parcourir la planche.

$$Débit\ pompe\ (\frac{L}{min}) = \frac{Concentration\ \left(\frac{L}{m^2}\right) * Longueur\ planche(m) * largeur\ planche(m)}{Temps(s)/60}$$

$$Débit\ pompe\ exemple = \frac{2 * 50 * 1{,}2}{75\ /60}$$

$$Débit\ pompe\ exemple = 96\ L/min$$

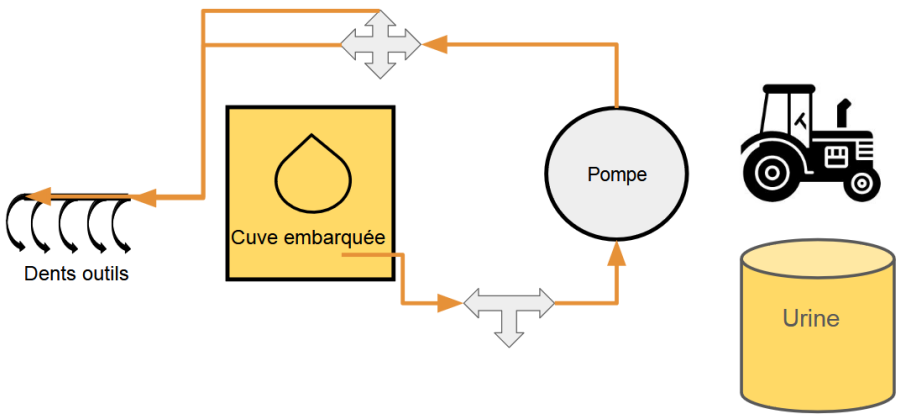
Le débit cible est très proche d'un des débits possibles d'après le tableau, donc on peut utiliser cette configuration pour fertiliser.

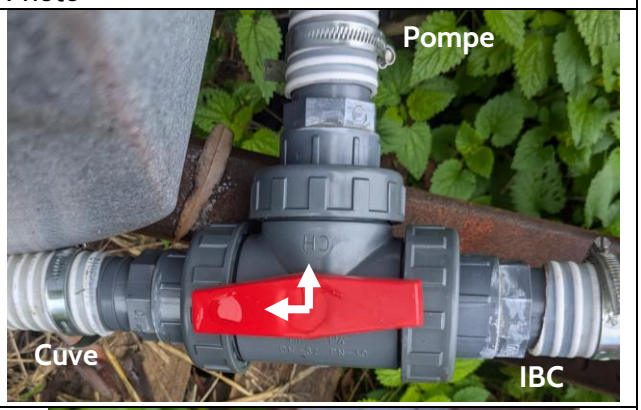
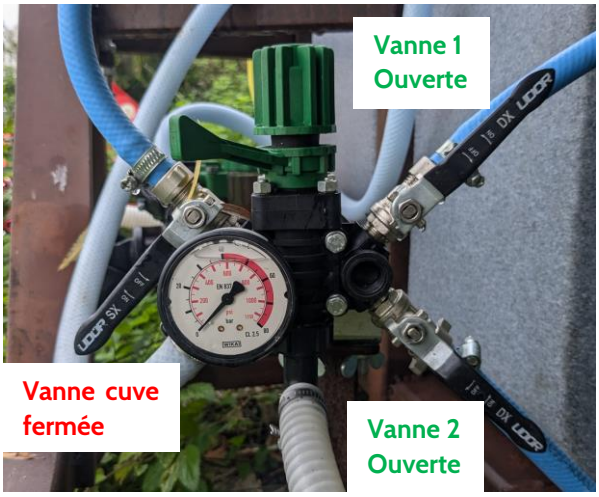
Il est possible d'utiliser un tableur en ligne pour faire les calculs au champ sur son téléphone. Nous vous proposons deux liens possibles. Nous mettons ces tableurs en ligne en mai 2025 mais nous ne garantissons pas leur pérennité dans le temps.

7.3. Injection de l'urine dans le sol

7.3.1. Pipiculteur

Ci-dessous un schéma du flux d'urine (dans le cas ou 100% du flux d'urine va aux dents).

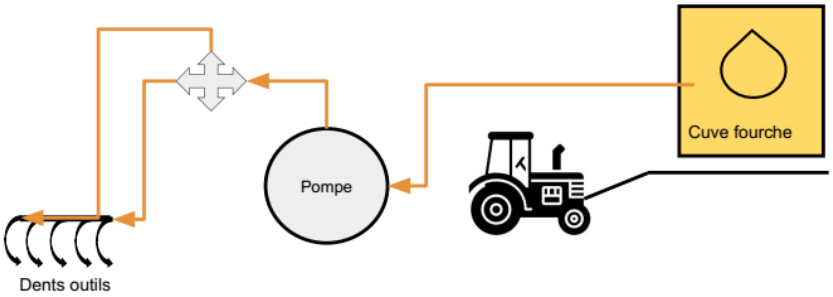


Etape	Consigne	Photo
1	Vérifier que la vanne 3 voies soit en position Cuve-Pompe	
2	Mettre le répartiteur dans la bonne configuration (d'après le calcul de débit du chapitre précédent) *Pour continuer l'exemple de ce document : 98 L/min* ⇨ *Débit de 100%* *Il faut donc se mettre en mode « pression » avec les vannes outil 1 et outil 2 ouvertes* ⇨ *Vitesse prise de force 550 tours/min*	 
3	Utiliser le Pipiculteur comme un vibroculteur classique.	
4	**<u>Activer la pompe au moment où les dents entrent dans le sol</u>**	
5	Arrêter la pompe au moment où les dents sortent du sol	
6	Quand la cuve est vide, la remplir à nouveau (Cf chapitre précédent)	

7	Quand la fertilisation est terminée, nettoyer la machine (Chapitre suivant)	

7.3.2. Pipiculteur sans cuve

Ci-dessous un schéma du flux d'urine.



Etape	Consigne	Photo
1	Vérifier que la cuve IBC sur les fourches soit bien connectée au raccord de la pompe. Faire attention que le tuyau soit bien fixé au tracteur et qu'il ne traine pas au sol.	
2	Mettre le répartiteur dans la bonne configuration (d'après le calcul de débit du chapitre précédent) *Pour continuer l'exemple de ce document : 98 L/min* *Il faut donc se mettre en mode « pression » avec les vannes outils ouvertes* *Vitesse prise de force 550 tours/min*	
3	Utiliser le Pipiculteur comme un vibroculteur classique.	

8. Nettoyage et stockage machine

Il ne faut pas stocker de lisain dans la pompe et dans les tuyaux. Cela peut entrainer une détérioration de la pompe et des vannes ainsi qu'une augmentation des mauvaises odeurs lors de l'utilisation ou la maintenance du Pipiculteur.

8.1. Vider la cuve de la machine

Si la cuve de la machine est pleine, débrancher le tuyaux blanc-cuve et le raccorder à la cuve IBC à l'aide du tuyau remplissage IBC.

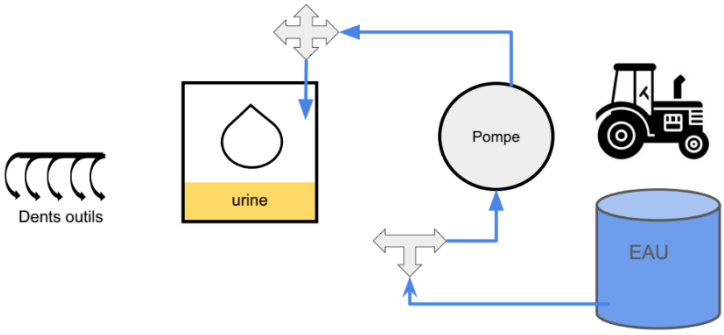
Vider la cuve à l'aide de la pompe de l'outil.

8.2. Nettoyer circuit

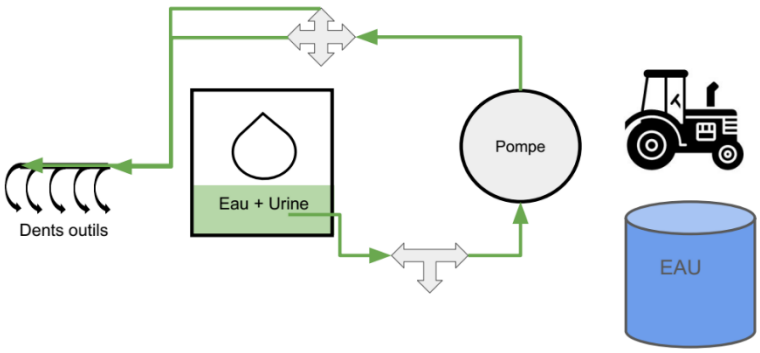
Le but de cette opération est de nettoyer en partie les différents circuits et être certain qu'il n'y ait pas d'urine stagnante dans la pompe. Pour cela, effectuer les opérations suivantes :

8.2.1. Pipiculteur

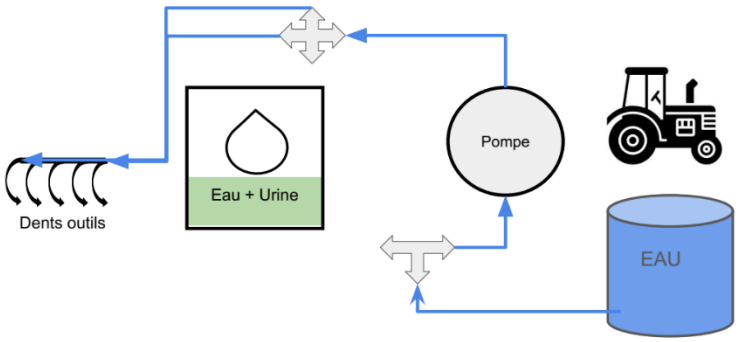
1) Se mettre en configuration remplissage de cuve
2) Pomper l'équivalent d'un fût de 20L d'eau avec le tuyau fût et/ou IBC



3) Se mettre en configuration « fertilisation » c'est-à-dire :
   - Vanne 3 voies sur Cuve-Pompe
   - Répartiteur en mode Pression et vannes outil 1 et 2 ouvertes.
4) Vider la cuve embarquée avec le mélange eau/urine. Cette opération peut être faite sur la planche qui vient d'être fertilisée. Le mélange eau-lisain peut être récupéré et utilisé pour fertiliser un arbre ou une haie proche de la zone fertilisée.



5) Se mettre en configuration « pompe de relevage », c'est-à-dire :
   - Vanne 3 voies sur IBC-Pompe
   - Répartiteur en mode 0bar
6) Pomper l'équivalent d'un fût de 10L d'eau avec le tuyau fût et/ou IBC



8.2.2.Pipiculteur sans cuve

1) Fermer la vanne de sortie de la cuve IBC
2) Débrancher le tuyau au niveau de la cuve IBC
3) Pomper l'équivalent d'un fût de 20L avec le tuyau IBC fût

8.3. Nettoyage global

Lors de la mise en place de la machine ou le nettoyage, des gouttes de lisain peuvent se retrouver sur la machine. Dans ce cas nettoyer au jet d'eau.

8.4. Stockage

- Remettre les béquilles
- Ne pas oublier d'enlever le cardan au niveau de la prise de force avant de dételer
- Si possible, stocker à l'abri de la pluie et du soleil.

9. Entretien

9.1. Général

Nettoyer le circuit à l'eau après chaque utilisation.

9.2. Pompe et arbre de transmission

Réaliser l'entretien de la pompe suivant les consignes de la notice.

Réaliser le graissage et l'entretien de l'arbre de transmission suivant la notice.

9.3. Contrôle étanchéité

A chaque utilisation vérifier l'étanchéité (visuel) de tous les éléments.

9.4. Contrôle serrage vis

Avant chaque utilisation vérifier que les vis sont correctement serrées et que la pompe est correctement fixée à la machine.

9.5. Visuel général

Avant chaque utilisation, vérifier l'état général des soudures.

9.6. Stockage

Si possible, stocker à l'abri de la pluie et du soleil.

9.7. Transport

Lors du transport au champ (attelé au tracteur), la cuve peut être pleine.

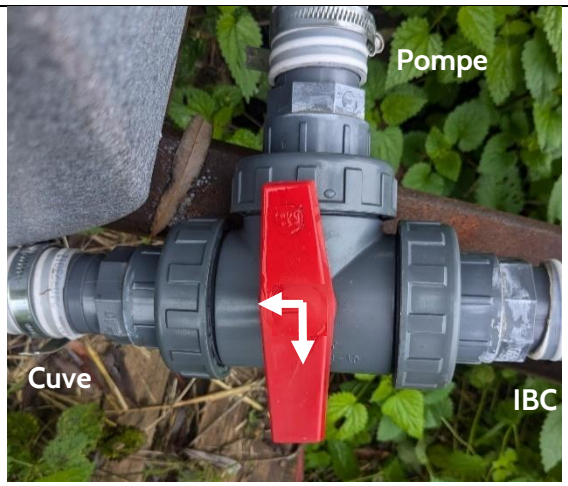
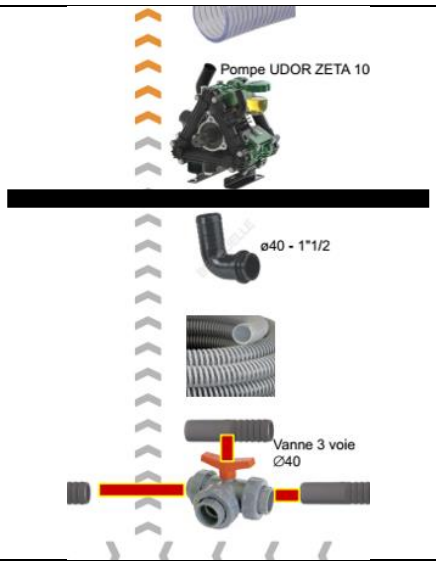
Lors du transport dans un camion, il faut vider la cuve au préalable. Il faut sangler la machine au camion lors du transport.

9.8. Panne

En cas de panne de la pompe, se référer à la notice de la pompe.

Si la cuve est pleine, il faut :

- Vider la cuve avec une autre pompe
  Ou

Mettre la vanne 3 voie en position fermée	
Déconnecter le raccord d'entrée pompe	

Vider la cuve dans des contenants adaptés en mettant la vanne 3 voie en position Cuve-Pompe	

Crédit photo

Les photos des éléments pour fabriquer le Pipiculteur viennent des sites suivants : bedouelledistribution.com, connexion-pression.com, agrieuro.fr, agrizone.net, manomano.fr, multicuves.com.

Le crédit des autres photos et schémas est Ocapi.

Remarques

Nous invitons fortement toutes les personnes intéressées à télécharger les plans de cette machine, à la construire, la modifier ou en créer d'autres. Si vous avez des questions à ce sujet, ou des idées d'améliorations, vous pouvez nous contacter à : enville@enpc.fr. Aussi, nous allons prochainement éditer un site internet dédié au développement des filières citoyennes : www.leesu.fr/enville.